

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 56 659.3

**Anmeldetag:** 04. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer dreidimensionalen Visualisierung, Verfahren zur Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts und Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Datensatz einer Vorbereitungsmessung

**IPC:** G 06 T 15/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 2. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read "R. Stang", is placed below the typed title and name.



## Beschreibung

Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer dreidimensionalen Visualisierung, Verfahren zur Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts und Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Datensatz einer Vorbereitungsmessung



Die Erfindung betrifft eine Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen sowie ein Verfahren zur Visualisierung von Datenpunkten eines dreidimensionalen Datensatzes, die Erfindung bezieht sich auch auf eine Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer solchen Visualisierung, außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts und ein Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Datensatz einer Vorbereitungsmessung.



Die Aufnahme, Darstellung und Verarbeitung von dreidimensionalen Datensätzen gewinnt mit zunehmender Rechenkapazität moderner Computer erheblich an Bedeutung, da nun auch räumliche Daten mit hoher Datendichte, d.h. hoher Auflösung, aufgenommen, dargestellt und bearbeitet werden können. Gerade bei modernen bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräten geht der Fortschritt in der Entwicklung solcher Geräte hand in hand mit der Möglichkeit einer adäquaten Darstellung und Auswertung der medizinischen Daten. Dies ist beispielsweise bei den medizinischen Großgeräten in der Computertomographie oder Magnetresonanztomographie der Fall oder im Bereich der Ultraschallsonographie. So macht beispielsweise erst die Gewinnung



hoch aufgelöster Angiographiedaten ein zielgerichtetes medizinisches Eingreifen möglich.

Bisher erfolgte die Darstellung solcher dreidimensionaler Datensätze auf verschiedenste Art und Weise. Zum einen wurden zweidimensionale Schnittbilder auf konventionellen Monitoren dargestellt. Die dritte Dimension wurde durch die Möglichkeit des Anzeigens („Durchblätterns“) verschiedener Schichten indirekt dargestellt. Zum anderen gibt es die Möglichkeit der perspektivischen Darstellung, wobei diese aus den dreidimensionalen Datensätzen berechnet werden muss. Ein auf solche Weise dargestellter virtueller 3D-Gegenstand kann dann durch ein computergesteuertes Drehen, d.h. durch ein Ändern des perspektivischen Ausgangspunkts, von verschiedenen Richtungen aus betrachtet werden. Diese Art der 3D-Darstellung lässt sich auf Projektionssysteme übertragen.

Eine andere Art der Darstellung basiert auf einer sogenannten 3D-Brille, die ein dreidimensionales Bild beim Betrachter hervorruft. Eine Weiterentwicklung führt zur dreidimensionalen Darstellung im sogenannten Cyberspace. Dabei werden dreidimensionale Daten in einen Datenhelm mit Datenbrille eingespielt. Dem Betrachter wird ein räumlicher Eindruck vermittelt, der durch die Einberechnung der Position des Betrachters (gegeben durch die Position des Datenhelms) in die Darstellung des dreidimensionalen Datensatzes realitätsnah wird.

Eine Sonderstellung nehmen volumetrische Monitore ein. Ein Beispiel ist der 3D-Monitor der Firma Actuality Systems, der ein reales dreidimensionales Bild eines abzubildenden Objekts erzeugt. Dabei wird ein zweidimensional berechnetes Bild auf eine sich rotierende Scheibe projiziert, so dass für einen Beobachter ein dreidimensionales Bild entsteht. Das Anwendungspotential solcher 3D-Monitore liegt beispielsweise im Bereich der Darstellung von mithilfe vom medizinischen bildgebenden Geräten gewonnenen Daten oder im Bereich der Darstellung von komplexen dreidimensionalen Strukturen, z.B. Mo-

lekühlen. Volumetrische Monitore weisen unter anderem zwei Vorteile auf. Zum einen sind die Bilder von einem großen Umgebungsreich des Monitors sichtbar, so dass mehrere Beobachter gleichzeitig das dargestellte Objekt sehen können.

5 Dies ist besonders für Schulungszwecke vorteilhaft. Zum anderen ermöglicht es ein 3D-Monitor dem Beobachter, sich auf beliebige Punkte des Objekts zu fokussieren und jeweils ein scharfes Bild zu erhalten.

10 Für den Anwender ist es nun entscheidend, wie benutzerfreundlich eine virtuell perspektivisch oder real dreidimensional dargestellte Information zugänglich ist. Von Bedeutung sind dabei erstens ein Eingabegerät, mit dem man einen Datenpunkt in einem Datensatz auswählen kann, zweitens die Möglichkeit, 15 den Datenpunkt zu manipulieren, und drittens eine möglichst vorteilhafte Darstellung des manipulierten 3D-Datensatzes.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer dreidimensionalen Visualisierung, ein Verfahren zur Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, eine Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen, ein Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts und ein Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Datensatz einer Vorbereitungsmessung anzugeben, die die Orientierung innerhalb eines dreidimensionalen Datensatzes sowie dessen Bearbeitung und Visualisierbarkeit verbessern.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen mit Mitteln zur Wahl eines Bezugspunkts, mit Mitteln zur Festlegung einer Richtung und mit 35 Mitteln zur Einstellung einer Abstandsgröße. Eine Eingabevorrichtung nach der Erfindung ermöglicht es einem Betrachter der Visualisierung Orientierungsparameter (z.B. Bezugspunkt,

Richtung oder Abstandsgröße) einzugeben, wobei die Eingabe vorzugsweise per Hand durchgeführt wird. Eine Behinderung der Betrachtung oder der Bewegungsfreiheit des Betrachters um die Visualisierung darf möglichst nicht erfolgen. Eine solche

5 Eingabevorrichtung hat zum einen den Vorteil, dass sie die Möglichkeit bietet, gemäß einer natürlichen Vorgehensweise Orientierungsparameter einzustellen: Wie weit ist ein interessierender Punkt oder Bereich von welchem Punkt in welcher Richtung entfernt. Zum anderen bietet eine Eingabevorrichtung  
10 nach der Erfindung eine Flexibilität in der Reihenfolge, mit der die Orientierungsparameter eingestellt werden. Z.B. kann zuerst der Bezugspunkt, dann die Richtung und abschließend der Abstand festgelegt werden oder es können alle Orientierungsparameter nahezu gleichzeitig eingestellt werden.

15

Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Visualisierung von Datenpunkten eines dreidimensionalen Datensatzes gelöst. Bei diesem Verfahren wird der Datensatz zuerst auf einem Monitor dargestellt. Dann wird ein Punkt im Darstellungs-

20 bereich des Monitors ausgewählt. Dazu werden mit der vorhergehend beschriebenen Eingabevorrichtung drei Orientierungsparameter eingegeben. Zum einen wird ein Bezugspunkt auf einer virtuellen Fläche, deren geometrische Anordnung in Bezug zum Darstellungsbereich des Monitors bekannt ist, ausgewählt. Zum anderen wird eine Richtung eingestellt, die ausgehend vom Bezugspunkt auf den auszuwählenden Punkt im Darstellungsbereich des Monitors zeigt. Des weiteren wird eine Abstandsgröße eingestellt, die den Abstand des auszuwählenden Punkts vom Bezugspunkt festlegt. Anschließend wird ein Bereich der Darstellung, der in geometrischer einstellbarer Relation zum ausgewählten Punkt steht, in seiner Darstellungsweise manipuliert.

25

Von Bedeutung bei diesem Verfahren ist die Übertragung der mittels der Eingabevorrichtung einstellbaren Orientierungsparameter auf den Darstellungsbereich, in dem die Visualisierung dargestellt wird. Beispielsweise wird mit der Eingabe-

vorrichtung ein Punkt auf einer Fläche ausgewählt, wobei die Fläche in direktem Kontakt zur Eingabevorrichtung steht. Die Fläche ist z.B. eine Unterlage, auf der die Eingabevorrichtung bewegt wird. Bei der Übertragung des Punkts auf die virtuelle Fläche sollte diese zum einen in bezug zum Darstellungsbereich des Monitors und zum anderen in bezug zum Betrachter stehen. Ersteres ist Voraussetzung, um von der virtuellen Fläche aus den Punkt im Darstellungsbereich auswählen zu können. Letzteres wird durch die dreidimensionale Darstellung und deren Betrachtung, wie z.B. dem Betrachtungswinkel, bestimmt. Zum Beispiel ist es bei einer perspektivischen Darstellung vorteilhaft, die Fläche zwischen Objekt und Betrachter zu legen, und im Fall eines volumetrischen Monitors ist es vorteilhaft, wenn die Fläche den Monitor umschließt. Im folgenden wird eine Differenzierung zwischen dem Punkt, der mit der Eingabevorrichtung eingestellt wird, und dem Bezugs-punkt auf der virtuellen Fläche augrund der eindeutigen Übertragung des einen auf den anderen nur dann durchgeführt, falls sie zum Verständnis wichtig ist. Ein Vorteil dieses Verfahrens liegt ebenfalls in seiner Anlehnung an den natürlichen Umgang mit realen dreidimensionalen Objekten.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch eine Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen nach dem vorhergehend beschriebenen Verfahren zur Visualisierung von Datenpunkten. Die Darstellungsvorrichtung umfasst eine ebenfalls vorhergehend beschriebene Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer Visualisierung, eine Visualisierungseinheit, die mittels der mit der Eingabevorrichtung eingegebenen Orientierungsparameter eine Darstellungsweise der Visualisierung generiert, und einen Monitor, der die Visualisierung darstellt. Der Vorteil dieser Darstellungsvorrichtung liegt darin, dass sie eine Orientierung innerhalb einer Visualisierung und deren Bearbeitung auf intuitive Weise ermöglicht.

Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts unter der Verwendung eines vorhergehend beschriebenen Verfahrens zur Visualisierung von Datenpunkten gelöst. Dieses Verfahren zum Be-

5 trieb eines Untersuchungsgeräts hat den Vorteil, dass zum einen Information aufgrund der verbesserten Darstellung leichter aus den medizinischen Untersuchungen gewonnen und zur Diagnose genutzt werden kann. Zum anderen kann diese Information dazu benutzt werden, um weitere Messungen mit dem bildgebenden 10 medizinischen Untersuchungsgerät zu optimieren, indem z.B. der zu untersuchende Bereich gezielter eingegrenzt wird.

Ferner wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels eines bildgebenden me-

15 dizinischen Untersuchungsgeräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Datensatz. Dieser Datensatz wird durch eine Vorbereitungsmessung mit geringer Auflösung gewonnenen und an einem Monitor dargestellt. Mithilfe des oben beschriebenen Verfahrens zur Visualisierung von Datenpunkten wird ein Datenpunkt ausgewählt und die zu messende Schicht bestimmt, welche durch eine geometrische Relation bezüglich des Daten- 20 punkts definiert wird. Vorzugsweise verläuft die Schicht durch den Datenpunkt. Der Vorteil liegt nun darin, dass mithilfe der Eingabevorrichtung die Orientierung in der Vorbe- reitungsmessung und damit die Selektion einer zu untersuchen- 25 den Schicht erleichtert wird.

In einer vorteilhaften Ausbildung der Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer Visualisierung sind die Mittel zur Wahl 30 des Bezugspunkts derart ausgebildet, dass sie eine Positionierung des Bezugspunkts auf einer zweidimensionalen Fläche ermöglichen und dass sie die Position auf dieser Fläche erkennen. Dies hat den Vorteil, dass die Positionierung des Be- zugspunkts in einer zweidimensionalen Fläche und nicht im 35 dreidimensionalen Raum stattfindet, setzt allerdings voraus, dass die zweidimensionale Fläche später im räumlichen Bezug zur Visualisierung gesetzt wird.

In einer speziellen Ausführungsform der Eingabevorrichtung sind die Mittel zur Wahl des Bezugspunkts eine konventionelle Maus, deren Bewegung beispielsweise auf einer Oberfläche in zwei Dimension registriert wird. Die Maus ist vorzugsweise mit einer Recheneinheit verbunden, an die sie aufgenommen Daten übermittelt. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass sie auf bekannte Technologien zurückgreifen kann.

10 In einer besonderen Ausbildung der Eingabevorrichtung umfassen die Mittel zur Festlegung der Richtung einen in einer Richtung kippbaren Hebel sowie einen Sensor, der das Kippen des Hebels in der Richtung registriert. Ein solcher Hebel kann ein kippbarer Joystick sein, wobei das Kippen beispielsweise durch die Feststellung des gekippten Winkels oder durch die Dauer des Kippvorgangs überwacht und in einen Winkel umgerechnet wird. Ausgehend von der Position des Bezugspunkts auf der zweidimensionalen Fläche sind zwei Winkel in zweier unterschiedlichen Richtungen ausreichend, um eine Richtung eindeutig im Raum festzulegen.

15

20 In einer besonderen Ausführungsform der Eingabevorrichtung ist der Joystick mit der Maus baulich verbunden, um eine Multifunktionsmaus zu bilden. Dies hat den Vorteil, dass zwei einem Benutzer gebräuchliche Eingabevorrichtungen kombiniert werden.

25 In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Eingabevorrichtung umfasst die Eingabevorrichtung einen Zeigestab, der vorzugsweise frei bewegbar ist, beispielsweise weist er keine Verbindungskabel zu eventuell benötigten Einheiten auf. Dieser Zeigestab ist sowohl ein Mittel zur Wahl des Bezugspunkts als auch ein Mittel zur Festlegung der Richtung. Zur Verwendung des Zeigestabs als Eingabevorrichtung benötigt man Mittel, die sowohl die Lage des Zeigestabs im Raum als auch seine Ausrichtung im Raum ermitteln. Anschließend kann die Lage

und die Ausrichtung in bezug zur Visualisierung gesetzt werden, um den Bezugspunkt und die Richtung festzulegen.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Eingabe-  
5 vorrichtung erfolgt die Bestimmung der Lage und der Ausrichtung des Zeigestabs mittels Ultraschalllaufzeitmessungen. Der Vorteil von Ultraschalllaufzeitmessungen liegt darin, dass die Auflösung, in diesem Fall die Ortsauflösung, fein genug einstellbar ist, um Lage und Richtung eindeutig zu bestimmen.

10

In einer Weiterbildung umfasst der Zeigestab mindestens zwei Ultraschallsender, die vorzugsweise an den Enden des Zeigestabs angeordnet sind. Von den Ultraschallsendern ausgesandte Signale werden von Empfangseinheiten der Eingabevorrichtung 15 registriert. Sind die Positionen der Empfangseinheiten in Bezug zur Visualisierung bekannt, und werden die Ultraschallsender und die Empfangseinheiten mit Mitteln zur Synchronisation zeitlich synchronisiert (beispielsweise über eine Funkverbindung), so können aus den Laufzeiten zwischen Ultraschallsender und Empfangseinheiten Lage und Ausrichtung des Zeigestabs errechnet werden. Der Vorteil dieser Weiterbildung liegt darin, dass sie eine einfache und bekannte Form der Ultraschalllaufzeitmessung verwendet.

20

25 In einer anderen Weiterbildung umfasst der Zeigestab mindestens zwei Ultraschallreflektoren, die wiederum vorzugsweise an den Enden des Zeigestabs angeordnet sind. Ultraschallsender, deren Positionen bekannt sind, senden Signale aus, die von den Reflektoren verschieden stark und mit charakteristischer Pulsform reflektiert werden. Die derart kodiert reflektierten Ultraschallsignale werden von Empfangseinheiten, deren Position in bezug zur Visualisierung ebenfalls bekannt ist, aufgenommen und mittels einem Vergleich der Signale mit den bekannten Reflexionsmustern dem jeweiligen Ultraschallreflektor zugeordnet. Der Vorteil dieser Weiterbildung liegt in der passiven Funktionsweise des Zeigestabs, der nur als Ult-

raschallreflektor fungiert, so dass im Zeigestab weniger aufwendige Elektronik untergebracht werden muss.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Eingabevorrichtung umfassen die Mittel zur Einstellung der Abstandsgröße ein drehbares Rädchen und einen Sensor zum Erfassen der Drehung. Der Vorteil eines solchen Rädchen liegt darin, dass er sowohl im Zeigestab wie auch in der Multifunktionsmaus problemlos untergebracht werden kann. Die durch eine Drehung des Rädchen erzeugten Signale werden beispielsweise über Funk zu einer verarbeitenden Einheit übermittelt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Eingabevorrichtung zusätzlich eine Taste zum Auslösen eines Signals auf. Einer oder mehrerer solcher Tasten können Steuersignale erzeugen, die an eine Recheneinheit übermittelt werden. Der Vorteil solcher Tasten liegt darin, dass sie vorteilhaft zu bedienen und einfach in den Zeigestab oder die Multifunktionsmaus integrierbar sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Eingabevorrichtung zusätzlich Mittel zur Ausgabe des Bezugspunkts, der Richtung und der Abstandsgröße. Diese Mittel zur Ausgabe können beispielsweise in einer zentralen Recheneinheit untergebracht werden, die z.B. auch die Synchronisationseinheit und/oder die Empfangseinheiten umfasst und ansteuert. Die Mittel zur Ausgabe können mit den eingangs beschriebenen 3D-Darstellungssystemen verbindbar sein.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung von Datenpunkten werden diese auf einem 3D-Monitor dargestellt. Weist ein solcher Monitor beispielsweise einen halbkugelförmigen Darstellungsbereich auf, ist die virtuelle Fläche, auf die der Bezugspunkt projiziert wird, vorzugsweise ebenfalls halbkugelförmig um den Darstellungsbereich gelegt.

In einer anderen Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird das Objekt auf einem 2D-Monitor perspektivisch dargestellt. Vorzugsweise wird die Monitorbildschirmfläche als virtuelle Fläche gewählt, auf der mit den Mitteln zur Wahl des Bezugspunkts der Bezugspunkt ausgewählt wird.

In dieser und in der vorhergehenden Ausführungsform des Verfahrens ist die geometrische Anordnung der virtuellen Fläche in bezug zum Darstellungsbereich bekannt. In einer Weiterbildung werden zwei Winkel zur Richtungsangabe mit der Eingabevorrichtung eingegeben. Diese Winkel werden am Ort des Bezugspunkts angelegt und bestimmen die Richtung in den Darstellungsbereich, in der der auszuwählenden Punkt liegt. Die Schenkel der Winkel liegen vorzugsweise in zur Tangentialebene senkrechten, nicht parallelen Ebenen, wobei die Tangentialebene die virtuelle Halbkugel oder die Monitorbildschirmfläche am Ort des Bezugspunkts tangiert. Alternativ können die Schenkel der Winkel in der Tangentialebene liegen.

10 In einer Weiterbildung werden zwei Winkel zur Richtungsangabe mit der Eingabevorrichtung eingegeben. Diese Winkel werden am Ort des Bezugspunkts angelegt und bestimmen die Richtung in den Darstellungsbereich, in der der auszuwählenden Punkt liegt. Die Schenkel der Winkel liegen vorzugsweise in zur Tangentialebene senkrechten, nicht parallelen Ebenen, wobei die Tangentialebene die virtuelle Halbkugel oder die Monitorbildschirmfläche am Ort des Bezugspunkts tangiert. Alternativ können die Schenkel der Winkel in der Tangentialebene liegen.

15

20 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird die virtuelle Fläche mit einem ersten Koordinatensystem beispielsweise in Längen- und Breitengrade unterteilt. Findet die Wahl des Bezugspunkts in einem zweiten Koordinatensystem statt, so kann die Übertragung des mit den Mitteln zur Wahl des Bezugspunkts bestimmten Bezugspunkts auf die virtuelle Fläche durch eine Übertragung vom ersten in das zweite Koordinatensystem erfolgen.

25 In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird während der Einstellung der Orientierungsparameter kontinuierlich ein Pfeil auf den jeweils momentan durch die Orientierungsparameter bestimmten Datenpunkt eingezeichnet, wobei die Spitze des Pfeils am Datenpunkt liegt und der Rumpf des Pfeils in Richtung des Bezugspunkts zeigt.

30 In einer Weiterbildung wird so lange der Pfeil eingezeichnet, wie die Orientierungsparameter variiert werden. Erst durch

Drücken einer Taste der Eingabevorrichtung werden die Orientierungsparameter festgelegt und die Manipulation der Darstellungsweise erfolgt.

5 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird durch die Auswahl des Bezugs-  
punkts zugleich auch ein Bereich ausgewählt, dessen Volumen  
und/oder Form entweder voreingestellt oder veränderbar ist.  
Dies hat den Vorteil, dass nicht nur ein Punkt, sondern ein  
10 durch den Punkt bestimmter Bereich manipuliert werden kann,  
der je nach Bedarf angepasst werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird ein Bereich manipuliert, der zwischen Bezugspunkt und ausgewähltem Punkt liegt,  
15 wobei der zu manipulierende Bereich konisch auf den ausgewählten Punkt zuläuft. Der Bereich bewegt sich kontinuierlich mit einer Veränderung des ausgewählten Punkts mit. Dies hat den Vorteil, dass der Blick eines Beobachters entlang des Konus auf den ausgewählten Punkt manipulierbar ist, um z.B. eine Behinderung der Sicht auf den ausgewählten Bereich zu vermeiden.

25 In einer besonderen Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung können die dargestellten dreidimensionalen Datensätze und/oder der ausgewählte Bereich auf verschiedene Weisen dargestellt werden, z.B. skelettartig, undurchsichtig, transparent oder teiltransparent. Eine undurchsichtige Darstellung zeigt beispielsweise nur die Oberfläche eines 3D-Objekts. Bei einer skelettartigen Darstellung werden nur bestimmte Datenpunkte undurchsichtig dargestellt, so z.B. in der Angiographie, in der Blutgefäße, bzw. die Oberflächen der Blutgefäße in ihrer Vernetzung gitterartig dargestellt werden. In einer transparenten bzw. teiltransparenten Darstellung eines Datenpunkts ist dieser nicht sichtbar, bzw. er überschreibt dahinterliegende Datenpunkte nicht vollständig.

Bei der teiltransparenten Darstellung werden den Datenpunkten Transparenzgrade zugeordnet, die die Darstellung des jeweiligen Datenpunkts beeinflussen. Beispielsweise wird das Durchscheinen der Hintergrunddatenpunkte, d.h. der Datenpunkte die sich in Beobachtungsrichtung hinter einem Datenpunkt befinden gesteuert. Dies kann bei speziellen volumetrischen 3D-Monitoren durch die Intensität der Darstellung des jeweiligen Datenpunkts bewirkt werden. Auf diese Weise können Durchscheineffekte erzeugt werden. Die Zuordnung eines Transparenzgrads erfolgt z.B. aus einer Häufigkeitsverteilung der Datenpunkte über die Signalintensität. Eine Manipulation der Datenpunkte in Abhängigkeit von der Signalintensität ermöglicht es beispielsweise die Datenpunkte außerhalb eines Intensitätsintervalls transparent erscheinen zu lassen. Auf diese Art und Weise kann ein nicht benötigter Intensitätsbereich in einer Visualisierung unterdrückt werden.

In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung hat der auszuwählende Bereich eine geometrische Form, z.B. die einer Kugel oder die eines Quaders. Über einen Konus, dessen Inhalt in diesem Fall transparent dargestellt wird, kann ein Betrachter zunächst z.B. den Quader positionieren und anschließend in den Quader hineinschauen, wobei der Inhalt des Quaders z.B. skelettartig dargestellt wird. Alternativ wird der Inhalt des Quaders und die an den Konus grenzende Seitenfläche transparent dargestellt. Die verbleibenden Seitenflächen des Quaders bilden entsprechend positionierte Schnittbilder durch das 3D-Objekts. Dies hat den Vorteil, dass man z.B. endoskopische Eingriffe simulieren kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird eine Schnittfläche durch den ausgewählten Punkt gelegt, wobei die Datenpunkte auf einer Seite der Schnittfläche transparent und die auf der anderen Seite undurchsichtig dargestellt werden. Dies entspricht der üblichen 3D-Darstellung eines Schnittbilds.

In einer anderen Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird neben einer dreidimensionalen Darstellung eine zweidimensionale Darstellung auf einem 2D-Monitor generiert.

5 Neben der zweidimensionalen Darstellung eines Schnittbilds wird die Lage des Schnittbilds in der dreidimensionalen Darstellung z.B. in Form eines Rahmens angedeutet. Dies ermöglicht ein übersichtliches Orientieren und Positionieren des Schnittbildes in der 3D-Darstellung sowie eine hochauflösende  
10 Darstellung des Schnitts am 2D-Monitor.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens zur Visualisierung wird der ausgewählte Bereich dadurch bestimmt, dass die Punkte ausgewählt werden, deren Wert einer  
15 charakteristischen Größe in einem Fensterbereich um den Wert des ausgewählten Punkts liegen. Die charakteristische Größe ist beispielsweise die Signalintensität des ausgewählten Punktes. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass man eine skelettartige Darstellung von Punkten mit einem ähnlichen  
20 Wert der charakteristischen Größe erhält.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen weist die Visualisierungseinheit Mittel auf, die den Bezugspunkt, die Richtung und den Abstand in bezug zu einer virtuellen Fläche setzt. Die Mittel können dabei eine Recheneinheit umfassen, die mit einem Rechenprogramm die geometrischen Relationen zwischen den Orientierungsparametern, der virtuellen Fläche und dem darstellbaren Volumen berechnet.  
25

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens zur graphischen Positionierung wird, nachdem die Schicht anhand der vorläufigen Messung ausgewählt und positioniert wurde, mit  
35 einem bildgebenden medizinischen Untersuchungsgerät eine hochaufgelöste Messung durchgeführt und am Monitor dargestellt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der jeweiligen Unteransprüche gekennzeichnet.

5

Es folgt die Erläuterung von mehreren Ausführungsbeispielen anhand der Figuren 1 bis 13. Es zeigen:

10 FIG 1 eine Darstellungsvorrichtung zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen,

FIG 2 eine Multifunktionsmaus mit mehreren funktionellen Mitteln,

15 FIG 3 eine Skizze, die den Einsatz eines Zeigestabs verdeutlicht,

20 FIG 4 ein Beispiel für die Wahl einer virtuellen Fläche bei der Benutzung einer perspektivischen 3D-Darstellung mit einem 2D-Monitor,

FIG 5 eine Skizze zur Verdecktlichung von Orientierungsparametern, die mittels Eingabevorrichtungen eingegeben werden können,

25 FIG 6 einen ersten Messaufbau, der die Bestimmung der Position und Ausrichtung eines Zeigestabs erlaubt,

30 FIG 7 einen zweiten Messaufbau, der die Bestimmung der Position und Ausrichtung eines Zeigestabs erlaubt,

FIG 8 eine Skizze zur Verdecktlichung der in FIG 7 verwendeten codierten Reflexion,

35 FIG 9 schematische Schnittdarstellungen von manipulierbaren Volumina,

15 '

FIG 10 eine 3D-Angiographie-Aufnahme eines Magnetresonanztomographiegerät,

5 FIG 11 eine 3D-Abbildung eines Kniegelenks eines Computer-tomographiegerät,

10 FIG 12 eine Intensitätshäufigkeitsverteilung von Datenpunkte sowie deren mittels Fensterung eingestellte Transparenzgradverteilung,

15 FIG 13 eine Skizze zur Verdeutlichung der Selektion einer Schicht im Darstellungsraum,

20 FIG 14 eine Abbildung zur Verdeutlichung der Positionierung von Schichten bei der Magnetresonanztomographie.

25 FIG 1 zeigt eine Darstellungsvorrichtung 1 zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen. Die Datensätze werden mit Hilfe eines Magnetresonanztomographiegeräts 3, stellvertretend für bildgebende medizinische Untersuchungsgeräte, gewonnen. Der in diesem Fall dreidimensional aufgenommene Kopf 5 eines Patienten wird mit Hilfe eines 3D-Monitors 7 dargestellt. Der 3D-Monitor 7 ist in diesem Fall ein realer 3D-Monitor, der ein Objekt, hier den Kopf 5, innerhalb seines räumlichen Darstellungsvolumens 8 als räumliche Abbildung, hier eine Kopfabbildung 9, darstellt. Alternativ könnte der 3D-Monitor 7 auch ein konventioneller Monitor, d.h. ein Monitor mit einem zweidimensionalen Darstellungsraum, sein, der den Kopf unter einer räumlichen Perspektive abbildet.

30 Mit Hilfe von Eingabevorrichtungen 11,13, beispielsweise einer Multifunktionsmaus 11 oder einem Zeigestab 13, ist eine Orientierung innerhalb des Darstellungsvolumens 8 und damit innerhalb der dreidimensionalen Visualisierung, d.h. in der Kopfabbildung 9, möglich. Dazu benötigte Parameter werden z.B. digitalisiert und per Kabel oder Infrarotschnittstelle

an die die Visualisierung berechnende und erzeugende Einheit ausgegeben.

Wurde beispielsweise mit Hilfe der Eingabevorrichtungen 11,13  
5 ein Punkt 14 in der Kopfabbildung 9 ausgewählt, so kann z.B.  
eine den Punkt 14 umgebende virtuelle Schnittfläche entlang  
eines transparenten Konus 15 betrachtet werden. Zusätzlich  
kann die Schnittfläche auf einem konventionellen 2D-Monitor  
17 abgebildet werden. In FIG 1 wird z.B. ein Schnittbild 19  
10 durch ein Gleichgewichtsorgan des Kopfes 5 abgebildet.

 Der Beobachter kann den Konus 15 mit Hilfe der Eingabevorrichtungen 11,13 auf beliebige Positionen im Abbildungsvolumen des 3D-Monitors 7 ausrichten, d.h. jeder Punkt 14 im Darstellungsraum 8 kann von jeder Richtung aus betrachtet werden.

Der 3D-Monitor 7 der Darstellungsvorrichtung 1 weist zusätzlich eine Recheneinheit 21 auf, die den jeweils mit der Eingabevorrichtung eingegebenen Bezugspunkt 23, die Richtung und den Abstand in bezug zu einer virtuellen Fläche setzt, deren geometrische Anordnung zum Darstellungsraum 8 bekannt ist.  
20 Die Recheneinheit 21 weist demnach Mittel auf, die die geometrischen Relationen zwischen den 3D-Daten und den Eingabeparametern der Eingabevorrichtungen 11,13 rechenzeiteffizient kombiniert und berechnet. In anderen Worten ordnet die Recheneinheit 21 dem eingegebenen Bezugspunkt 23 einen Punkt auf der virtuellen Fläche zu, von dem ausgehend entlang der eingegebenen Richtung im eingegebenen Abstand der Punkt 14  
25 oder der ihn umgebende Bereich im dreidimensionalen Datensatz ausgewählt wird. Die Berechnungen werden z.B. durch auf grafische Relationen optimierte Prozessoren schnellstmöglich durchgeführt.

35 FIG 2 zeigt eine Multifunktionsmaus 11 mit mehreren verschiedenen funktionellen Mitteln. Grundlage der Multifunktionsmaus 11 ist ein Unterbau 31, dessen Funktionsweise einer konventi-

onellen PC-Maus entspricht. Mittels einer Kugel 33 wird die Bewegung auf einer Unterlage in zwei Richtungen gemessen, die in FIG 2 mit X- bzw. Y-Richtung bezeichnet sind. Eine Bewegung der Multifunktionsmaus 11 auf der Unterlage führt zu einer Änderung in den X- und Y-Koordinaten, welche registriert und mittels der Recheneinheit 21 auf eine Bewegung in einem Koordinatensystem einer virtuellen Fläche übertragen wird. Alternativ ist die Bewegung der Multifunktionsmaus 11 auf der Unterlage optisch erfassbar (optische Maus).

10

Im Beispiel des 3D-Monitors aus FIG 1 wird die virtuelle Fläche z.B. durch die halbkugelförmige Oberfläche des Darstellungsvolumens 8 dargestellt, welche z.B. in Längen- und Breitengrade aufgeteilt werden kann. Beispielsweise entspricht eine Bewegung des Unterbaus 31 entlang der X-Richtung eine Bewegung auf dem Breitengrad und eine Bewegung entlang der Y-Richtung einer Bewegung auf dem Längengrad.

20 Eine Alternative zu dem Unterbau 31 in Art einer Maus ist ein Trackball- oder Trackpadsystem. In diesem Fall wird ein Verändern der Koordinaten direkt durch ein Rotieren der Kugel oder durch ein Berühren des Trackpads registriert.

25

Auf dem Unterbau 31 ist ein Joystick 35 angebracht, der es erlaubt ein Auslenken in zwei beispielsweise orthogonale Richtungen zu registrieren. Die Auslenkung in einer Richtung kann z.B. durch den Grad der Auslenkung oder durch die Dauer der Auslenkung einen Winkel bestimmen. Mit Hilfe der Recheneinheit 21 wird ein auf diese Weise eingegebener Winkel in 30 einen Winkel umgerechnet, der eine Richtung festlegt, die ausgehend vom Bezugspunkt aus der virtuellen Fläche herauszeigt. Ein Verkippen des Joysticks 35 nach vorne bzw. nach hinten entspricht z.B. wieder auf FIG 1 bezogen einer Winkeländerung in der Ebene des Längengrads des Bezugspunkts und 35 ein seitliches Verkippen entspricht einer Winkeländerung in einer Ebene, die senkrecht zur Ebene des Längengrads und senkrecht zur Tangentialebene an die halbkugelförmige Ober-

fläche des Darstellungsvolumens 8 am Bezugspunkt ist, wobei alle Ebenen durch den Bezugspunkt gehen.

Zusätzlich besitzt die Multifunktionsmaus 11 drei Tasten

5 37,38,39, die in ihrer Bedienung und Funktionsweise der linken, rechten und mittleren Maustaste einer konventionellen Maus ähneln. Mit diesen Tasten können zusätzliche Eingaben gemacht werden, um z.B. den Winkel oder den Bezugspunkt zu fixieren oder auf einen Ausgangswert zu setzen. Die mittlere 10 Maustaste 39 ist zusätzlich als Rädchen ausgebildet, dessen Drehung registriert wird und von der Recheneinheit 21 in eine Abstandsgröße, beispielsweise der Länge eines Pfeils ausgehend vom Bezugspunkt 23, umgerechnet wird.

15 FIG 3 verdeutlicht den Einsatz des Zeigestabs 13 bei der Auswahl eines Punkts 14a im Darstellungsvolumen 8. Aufgrund der freien Bewegbarkeit des Zeigestabs 13 hat ein Benutzer die Möglichkeit, von jeder gewünschten Position aus in einen beliebigen Bereich innerhalb des Darstellungsvolumens 8 zu zeigen. In FIG 3 deutet der Benutzer mit dem Zeigestab 13 auf 20 das 3D-Objekt 41. Während der Benutzung des Zeigestabs 13 werden seine Lage und seine Ausrichtung in Relation zum Darstellungsvolumen 8 gemessen. Die Recheneinheit 21 der Darstellungsvorrichtung 1 berechnet mit diesen Größen eine Gerade 42, die entlang der gedachten Verlängerung des Zeigestabs 13 verläuft.

Um einen Pfeil 43 im Darstellungsvolumen 8 einzeichnen zu können, berechnet die Recheneinheit 21 den Durchstoßpunkt 23a 30 der Geraden 42 mit der Oberfläche 45 des Darstellungsvolumens 8. Der Durchstoßpunkt 23a entspricht dem Bezugspunkt 23, der mit dem Zeigestab eingegeben wird. Die virtuelle Fläche, auf der der Bezugspunkt 23 positioniert wird, wird in diesem Fall durch die Oberfläche 45 des Darstellungsvolumens 8 gebildet. 35 Wird mithilfe eines Rädchen 47 im Zeigestab 13 zusätzlich eine Abstandsgröße eingegeben, bestimmt diese den Abstand des auszuwählenden Punkts 14a vom Durchstoßpunkt 23 entlang der

Geraden 42. Alternativ kann der Abstand durch eine Translationsbewegung des Zeigestabs 13 entlang der Geraden 42 einge stellt werden, indem die Translationsbewegung während des Drückens einer Taste 49 registriert wird.

5

Ist auf diese Weise der Punkt 14a im 3D-Objekt bestimmt, wird der Pfeil 43 entlang der Geraden 42 eingezeichnet, wobei die Pfeilspitze auf den auszuwählenden Punkt 14a zeigt. Der Pfeil 43 bewegt sich kontinuierlich mit einer Veränderung des Punkts 14a mit, welche durch eine Bewegung des Zeigestabs 13 hervorgerufen wird. Durch die Auswahl des Punkts 14a kann auch die Darstellung eines Bereichs um den Punkt 14a im 3D-Objekt 41 verändert werden. Vorzugsweise wird der zu verändernde Bereich je nach Bedarf voreingestellt sein oder z.B. mittels der Eingabevorrichtung 11,13 bestimmt werden.

Mithilfe von Tasten 49, die am Zeigestab 13 angebracht sind, kann Einfluss auf den Ablauf des Auswahlprozesses und die Darstellungsweisen des 3D-Objekts 41 im Darstellungsvolumen 8 genommen werden. So kann mit ihnen z.B. zwischen verschiedenen Darstellungsweisen hin- und hergewechselt werden.

Um Störungen in der Darstellung und beim Auswahlprozess aufgrund eines Zitterns bei der Handhabung des Zeigestabs 13 zu unterdrücken, wird die Berechnung des Bezugspunkts 23 ver langsam, so dass Positionsänderungen des Bezugspunkts 23 auf der Oberfläche 45 nur verzögert und/oder gedämpft erfolgen.

Des weiteren kann beispielsweise mithilfe einer der Tasten 49 der Bezugspunkt 23 in seiner Lage fixiert werden, so dass von da an nur noch die Ausrichtung des Zeigestabs 13 kontrolliert und gemessen werden muss, um die Richtung der Geraden und damit des Pfeils 43 zu berechnen.

Zur Beschleunigung der Berechnungen könnte die Recheneinheit 21 z.B. die Oberfläche 45 des Darstellungsvolumens 8 in ein Koordinatensystem mit Längen- und Breitengraden 51,53 unter gliedern.

FIG 4 zeigt ein Beispiel für die Wahl der virtuellen Fläche 55 bei der Benutzung einer perspektivischen 3D-Darstellung auf einem Flachbildschirm 57. Die virtuelle Fläche 55 befindet sich dabei auf der Bildschirmoberfläche, so dass sie sich

5 immer zwischen Betrachter und Darstellung befindet. Die mit der Multifunktionsmaus 11 abgetastete Fläche, z.B. eine Maus-Unterlage 58, kann mit einer Skalierung auf die virtuelle Fläche 55 übertragen werden. Eine Skalierung ist besonders  
10 einfach, wenn für beide Flächen, d.h. für die Maus-Unterlage 58 und für die virtuelle Fläche 55, kartesische Koordinaten 59,59a zur Positionsbestimmung der Multifunktionsmaus 11 und des Bezugspunkts 23b verwendet werden.

15 FIG 5 verdeutlicht die Orientierungsparameter, die mittels der Eingabevorrichtungen 11,13 eingegeben werden können. FIG 5 zeigt dabei zwei Beispiele, bei denen die Winkeleingaben zur Bestimmung der Richtung nicht in den Ebenen der Längen- und Breitengrade stattfinden, sondern bei denen sich die Win-

20 keleingaben auf die Abweichung von der Normalen der Tangentialebene durch den Bezugspunkt beziehen. In den Beispielen wurden mithilfe der Eingabevorrichtungen 11,13 die Bezugs-

25 punkten 61,61a eingegeben. Sie liegen an verschiedenen Positionen auf der Oberfläche 45 des Darstellungsvolumens 8. Des weiteren sind die Abstandsgrößen 63,63a in FIG 5 eingezeichnet, die den Abstand vom Bezugspunkt 61, 61a zu den auszuwählenden Punkten bestimmen, welche an den Spitzen der Pfeile 64,64a liegen. Zusätzlich sind in FIG 5 Tangentialebenen 65,65a an die Oberfläche 45 durch die jeweiligen Bezugspunkte

30 61,61a dargestellt. Im ersten Beispiel der FIG 5 liegt der Pfeil 64 in einer Ebene, die senkrecht auf der Tangentialebene 65 steht. In diesem Fall wurde zumindest für eine Richtung keine Winkelabweichung eingegeben. Im zweiten Beispiel wurde mithilfe des Joysticks 35 oder der Ausrichtung des Zeigestabs

35 13 ein Winkel 67 eingegeben, der die Abweichung der Richtung des Pfeils 64a von einer Normalen 68a auf die Tangentialebene 65a in einer Richtung bestimmt.

FIG 6 zeigt den Messaufbau, der die Bestimmung der Position und Ausrichtung des Zeigestabs 13 erlaubt. Im Zeigestab 13 befinden sich zwei Ultraschallsender S1,S2. Die beiden Sender  
5 senden abwechselnd einen Ultraschallpuls aus, der von mindestens drei Empfängern E1,E2,E3,En nach bestimmten Laufzeiten U1,U2,U3,Un empfangen wird. Aus den Laufzeiten U1,U2,U3,Un lassen sich mithilfe der Schallgeschwindigkeit die Abstände zwischen den Ultraschallsendern S1,S2 und den Empfängern  
10 E1,E2,E3,En berechnen. Aus den Abständen und den bekannten Positionen der Empfänger E1,E2,E3,En lassen sich die Orte der Sender S1 und S2 bestimmen. Damit ist die Position des Zeigestabs 13 und seine Ausrichtung eindeutig im Raum definiert und kann leicht in bezug zum Darstellungsvolumen 8 gesetzt  
15 werden.

Mit Hilfe der Recheneinheit 21 kann die gedachte Verlängerung des Zeigestabs berechnet und im Darstellungsvolumen 8 eingezeichnet werden.

20 Zur Bestimmung der Laufzeiten U1,U2,U3,Un müssen die Sender S1,S2 mit den Empfängern E1,E2,E3,En synchronisiert sein. Dies geschieht mit einer Synchronisationseinheit S und den dazugehörigen Synchronisationspfaden  
25 TE1,TE2,TE3,TEn,TS,TS1,TS2, die die Synchronisationseinheit S, beispielsweise einen Funksender, mit den Empfängern E1,E2,E3,En und den Sender S1,S2 im Zeigestab 13 verbinden. Zusätzlich wird mittels der Synchronisationseinheit S festgelegt, in welcher Reihenfolge die Ultraschallsender S1,S2 senden.  
30

Mit dem Rädchen 39a wird wie oben beschrieben der Abstand von Bezugspunkt und auszuwählendem Punkt oder Volumen eingestellt.

35 Damit eine störungsfreie Bedienung mit dem Zeigestab 13 rund um das 3D-Display herum möglich ist, werden zur Verhinderung

von Abschirmeffekten durch den 3D-Monitor mehr als drei Ultraschallempfänger E1,E2,E3,En eingesetzt.

FIG 7 verdeutlicht eine zweite Meßmethode, mit der mit Hilfe von Ultraschallreflektoren R1,R2 im Zeigestab 13 die Lage und Ausrichtung des Zeigestabs 13 in bezug zum Darstellungsvolumen 8 bestimmt werden kann. Mittels eines Ultraschallsenders S3 wird ein Ultraschallpulszug ausgesandt. Der Ultraschallpulszug besteht aus einer Folge von kurzen Pulsen mit jeweils festgelegten Amplituden und Frequenzen. Die Pulse werden an den Reflektoren R1 und R2 reflektiert und anschließend von den Empfängern E1,E2,E3,En registriert. Der Sender S3 und die Empfänger E1,E2,E3,En sind wieder über eine Synchronisationseinheit S synchronisiert. Die beiden Reflektoren R1,R2 sind wie die Sender S1,S2 in FIG 6 an den Enden des Zeigestabs 13 im Abstand L angeordnet.

Die Reflektoren haben die Eigenschaft, dass sie auf die verschiedenen Frequenzen im Ultraschallpulszug unterschiedlich resonant sind, d.h. die Ultraschallpulse verschieden stark reflektieren. Auf diese Art und Weise werden die Ultraschallpulse durch die Reflektoren R1 und R2 codiert, so dass sie von den Empfängern E1,E2,E3,En zum einen voneinander unterschieden werden können, und zum anderen von Reflexionen an Fremdkörpern unterschieden werden können. Aus den Laufzeiten können wieder die Abstände zwischen den Reflektoren und den Empfängern berechnet werden, so dass die Lage und Ausrichtung des Zeigestabs 13 in bezug zum Darstellungsvolumen 8 mit Hilfe der Recheneinheit 21 berechenbar sind.

FIG 8 verdeutlicht die Wirkungsweise der codierten Reflexion am Beispiel der Reflexionen am Reflektor R1 und an einem Fremdobjekt. Bei der Codierung werden die einzelnen Pulse eines Signalsendepulszugs SP, dessen Verlauf der Amplituden A1,A2,...An bei den Frequenzen f1,f2,...fn über die Zeit t in FIG 8 schematisch dargestellt ist, jeweils mit einem definierten Reflexionsfaktor am Reflektor R1 reflektiert. Dies

erzeugt einen reflektierten Echosignalpulszug EP1 mit den Amplituden B1,B2,...Bn. Dabei können auch die Pulsbreiten und Pulsformen des Empfangspulszugs EP1 durch die Reflexion des Sendepulses SP an R1 charakteristisch modifiziert werden. Die 5 Reflexion an einem Fremdobjekt ist nicht kontrollierbar und erzeugt ebenfalls einen Echosignalpulszug EPF, wobei durch die Reflexion am Fremdobjekt der Amplitudenverlauf als Beispiel in FIG 8 kaum verändert wurde. Die Amplitudenverläufe des Echosignalpulszugs EP1 und des Echosignalpulszugs EPF über die Zeit t sind ebenfalls in FIG 8 dargestellt.

In Abhängigkeit vom Reflektor haben reflektierte Echosignalpulszüge unterschiedliche Amplitudenverläufe und Pulsformen, die idealisiert durch reflektorspezifische Echosignale, z.B. 15 durch das in FIG 8 dargestellte Echosignal EE1, bestimmt werden. Mithilfe einer Korrelation K von empfangenem Signal und reflektorspezifisch erwarteten Echosignalen EE1 kann eine Zuordnung des Signals zu den Reflektoren R1,R2 bzw. zu Fremdobjekten durchgeführt werden. Enthält das empfangene Signal 20 beispielsweise den Echosignalpulszug EP1, erhält man bei der Korrelation K mit dem Echosignal EE1 einen Korrelationswert K1. Dieser ist größer als der Korrelationswert KF, den man bei der Korrelation K des am Fremdobjekt reflektierten Echosignalpulszugs EPF mit dem Echosignal EE1 erhalten würde.

25 Werden der Echosignalpulszug EP1 und der Echosignalpulszugs EPF nacheinander empfangen, ergibt sich der in FIG 8 dargestellte zeitliche Verlauf der Korrelation von empfangenen Signal und Echosignal EE1.

30 Für die Berechnung der räumlichen Positionen der Reflektoren R1,R2 werden die Laufzeiten der entsprechenden Pulszüge ab dem Zeitpunkt des Sendens bis zum Empfangen durch E1,E2,...En gemessen. Aus den Laufzeiten lassen sich Rotationsellipsoide mit den Brennpunkten S3,E1,E2,E3,En berechnen. Der Schnittpunkt aus mindestens drei Ellipsoiden markiert die Positionen 35 der Reflektoren R1,R2. Zur Verbesserung der Genauigkeit der Lagebestimmung kann der bekannte Abstand L der Reflektoren

R1,R2 in die Berechnung mit einbezogen werden. Zusätzlich können sich die Resonanzfrequenzen der Reflektoren R1,R2 unterscheiden.

5 Eine Darstellungsvorrichtung 1 zur Darstellung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen erlaubt z.B. bei der medizinischen und speziell bei der radiologischen Darstellung dreidimensionaler Daten eine Vielzahl von Darstellungsweisen und entsprechenden Applikationen. Gerade bei realen 3D-Monitoren kann eine solche Darstellungsvorrichtung zur Simulation und Schulung von Operationen mit Hilfe von virtuellen Operationsinstrumenten durchgeführt werden. Anschließend können die Daten der simulierten Operation auch an einen Operationsroboter weitergegeben werden.

10

15

In einer ersten Darstellungsweise soll es möglich sein, mit Hilfe der Eingabevorrichtungen 11,13 in ein undurchsichtiges 3D-Objekt zu stechen, wobei das 3D-Objekt in der Umgebung des Pfeils transparent wird. Damit soll das zu untersuchende Volumen an der Zeigerspitze von außen sichtbar gemacht werden. Die Form und Größe des transparenten Volumens ist beispielsweise auf eine Kegelform einstellbar. Wahlweise kann der Pfeil selbst transparent dargestellt werden, damit er nicht Bereiche des dargestellten Objekts verdeckt.

20



25

In einer Variation dieser Darstellungsweise wird mit Hilfe des Pfeils ein beliebig geformtes transparentes Volumen (z.B. Kugel oder Würfel) im 3D-Objekt platziert. Die Position und Orientierung des Volumens relativ zum Pfeil ist ebenfalls einstellbar. Beispielsweise kann das Volumen durch einen virtuellen Rahmen oder Käfig im Darstellungsbereich 8 angedeutet und mit der Eingabevorrichtung 11,13 durch das 3D-Objekt hindurchbewegt und positioniert werden. Dabei kann z.B. das 3D-Objekt auf einer Seite des Rahmens transparent dargestellt werden.

30

35

Eine weitere Möglichkeit, ein solches Volumen zu definieren, besteht darin, dass mit der Eingabevorrichtung 11 und 13 mehrere Punkte markiert werden, die gemeinsam das Volumen oder einen Teilbereichs des Volumens, z.B. eine Fläche, aufspannen.

5

In einer Darstellungsweise werden die Datenpunkte innerhalb des Volumens beispielsweise transparent dargestellt.

10 Auf diese Weise ist beispielsweise ein aktives Bearbeiten der Daten möglich, wie z.B. ein Ausschneiden von störenden Knochen in der Bildgebung.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des z.B. transparent schaltbaren Volumens sind in FIG 9 im Schnitt dargestellt. Um das Volumen im Bereich der Pfeilspitze 71 entlang der Geraden 42a betrachten zu können, kann das Volumen in Form eines Konus 73 ausgebildet sein. Das Ende des Konus 73 im Bereich der Pfeilspitze, d.h. des ausgewählten Punkts 14b, ist z.B. entweder als Ebene 74 oder als Halbkugel 75 geformt.

25 Eine weiter Darstellungsweise ist die der Gitterdarstellung 76. Zur Verdeutlichung zeigt FIG 10 eine 3D-Angiographie-Aufnahme mit einem Magnetresonanztomographiegerät und FIG 11 eine 3D-Abbildung eines Kniegelenks mit einem Computertomographiegerät. Die für eine Gitterdarstellung 76 benötigten Datensätze können z.B. durch Fensterung erzeugt werden.

In einer einfachen Version der Fensterung werden nur Datenpunkten mit ähnlicher Intensität I dargestellt. Dazu wird in einer Häufigkeitsverteilung H die Anzahl N der Datenpunkte mit einer Intensität I eingetragen, siehe FIG 12. Neben der Intensität I kann auch eine Häufigkeitsverteilung H einer anderen charakteristischen Größe, wie z.B. Fluss oder Diffusion, gewählt werden. In der Häufigkeitsverteilung H wird ein Mittenwert 77 und eine Fensterbreite 79 um den Mittenwert 77 gewählt. Die Datenpunkte, die außerhalb des so definierten

Fensters liegen, werden z.B. transparent dargestellt. Die Datenpunkte innerhalb des Wertebereichs werden in ihrer Darstellung besonders bearbeitet, z.B. nimmt ihr Transparenzgrad T mit zunehmender Intensität linear ab (Transparenzgraddarstellung 80). Dies bewirkt in der Darstellung, dass ein Punkt mit einem hohen Intensitätswert I im Wertebereich keine Datenpunkte, die sich in Betrachtungsrichtung hinter diesem Punkt befinden, durchscheinen lässt.

10 Durch die Variation der Fensterparameter kann die Transparenz des 3D-Objekts für alle Intensitätswertebereiche stufenlos eingestellt werden.

Die Vorgehensweise der Fensterung ermöglicht es, auf z.B. der 15 Intensitätsskala einer Aufnahme einen beliebigen Bereich auszuwählen und diesen modifiziert, z.B. transparent oder un-durchsichtig, darzustellen.

20 In einer ersten Verdeutlichung dieser Vorgehensweise wird ein 3D-Objekt an einer repräsentativen Stelle markiert. Anschließend werden alle Datenpunkte mit der selben oder zumindest einer ähnlichen Intensität transparent geschaltet. Dies erlaubt es dem Betrachter, z.B. einem Radiologen, Datenpunkte, die nicht untersuchungsrelevant sind transparent zu schalten, z.B. Unterdrückung von hellem Fettgewebe in einer Magnetreso-nanzaufnahme.

25 In einer zweiten Verdeutlichung dieser Vorgehensweise werden die Datenpunkte, die ausgehend von der repräsentativen Stelle einen stetigen Intensitätsverlauf aufweisen, undurchsichtig abgebildet. Dies ergibt eine Gitterdarstellung, die der 3D-Angiographie-Aufnahme in FIG 10 nahe kommt. Werden die so ausgewählten Bereiche dagegen transparent geschaltet, kommt dies einem Ausschneiden von die Sicht behindernden Bereichen, 35 z.B. Knochen, nahe.

Mithilfe der Darstellungsvorrichtung ist es ebenfalls möglich, Schichten im Darstellungsraum 8 zu selektieren. Eine Verdeutlichung der Vorgehensweise zeigt FIG 13. Im Darstellungsraum 8 befindet sich ein 3D-Objekt 41a. Zusätzlich ist

5 ein Pfeil 81 dargestellt, der auf einen ausgewählten Punkt 14c zeigt. Die zu selektierende Schichtebene 83 ist in Bezug zur Ebene, die orthogonal zum Pfeil 81 steht, z.B. um 45° geneigt und durch einen Rahmen 85 und eine am 3D-Objekt 41a eingezeichnete Umrisslinie 87 verdeutlicht. Die selektierte

10 Schichtebene 83 kann entweder anschließend allein mit dem 3D-Monitor angezeigt werden oder sie kann zeitgleich, falls der 3D-Monitor gemeinsam mit einem 2D-Monitor verwendet wird, auf dem 2D-Monitor abgebildet werden.

15 In vielen Fällen ist es günstig, die Pfeilspitze an einem beliebigen Raumpunkt mittels der Tasten der Eingabevorrichtung 11,13 zu fixieren, und anschließend beispielsweise die Pfeilrichtung oder die Winkel der selektierten Schicht zum Pfeil 81 zu variieren.

20

Eine mögliche Anwendung ist die graphische Schichtpositionierung bei der Magnetresonanztomographie, bei der zur Vorbereitung eine schnelle 3D-Messung durchgeführt wird. Der gewonnene 3D-Datensatz umfasst die zu untersuchende Körperregion bei geringer Auflösung und wird mit einem 3D-Monitor dargestellt. Ein Beispiel zeigt FIG 14. Der Benutzer kann in das 3D-Objekt, hier die Kopfabbildung 91, die als nächstes zu messenden Schichten 83, gekennzeichnet durch die Rahmen 85 realitätsnah ausrichten und positionieren.

25  
30

Patentansprüche

1. Eingabevorrichtung (11,13) zur Orientierung in einer Visualisierung (9,41,41a,91) von dreidimensionalen Datensätzen

5 mit Mitteln zur Wahl eines Bezugspunkts (23,23b,61,61a), mit Mitteln zur Festlegung einer Richtung und mit Mitteln zur Einstellung einer Abstandsgröße (63,63a).

2. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 1,

10 dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Wahl des Bezugspunkts (23,23b,61,61a) Mittel zur Positionierung eines Punkts auf einer zweidimensionalen Fläche (58) und einen Sensor (33) aufweisen, wobei der Sensor (33) die Position des Punkts auf der Fläche (58) registriert.

15

3. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Wahl des Bezugspunkts (23,23b,61,61a) eine konventionelle Maus (31) umfassen, wobei die von der konventionellen Maus (31) registrierte zweidimensionale Bewegung der Maus (31) einer Bewegung des Bezugspunkts (23,23b,61,61a) auf der Fläche (45,55) entspricht.

25

4. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Festlegung der Richtung einen in einer Richtung kippbaren Hebel (35) und einen Sensor umfassen, wobei der Sensor ein Kippen des Hebels in der Richtung registriert.

30 35

5. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Festlegung der Richtung einen in zwei Richtungen kippbaren Joystick (35) umfassen, durch dessen Kippen zwei Winkel (67) zur Richtungsfestlegung eindeutig festlegbar sind.

6. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Joystick (35) mit der konventionellen Maus (31) baulich verbunden ist.

5 7. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 oder  
2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Mittel zur Wahl des Bezugspunkts (23,23b,61,61a) und die Mittel zur Festlegung der Richtung einen Zeigestab (13) umfassen, dessen Lage und Ausrichtung in Bezug zur Visualisierung (9,41,41a,91) den Bezugspunkt (23,23b,61,61a) bzw. die Richtung festlegen.

10 8. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die La-  
ge und/oder die Ausrichtung des Zeigestabs (13) mittels Ult-  
raschall-Laufzeitmessungen messbar ist.

15 9. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Zeigestab (13) mindestens zwei Ultraschallsender (S1,S2) sowie die Eingabevorrichtung (11,13) zusätzlich eine Empfangseinheit (E1,E2,E3,En) zum Empfangen von Ultraschallsignalen und Mitteln (S) zur Synchronisation von Ultraschallsender (S1,S2) und Empfangseinheit (E1,E2,E3,En) aufweist.

20 10. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Mittel S zur Synchronisation mittels einer Funkverbindung mit den Ultraschallsendern (S1,S2) des Zeigestabs (13) verbunden sind.

25 11. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Zeigestab (13) mindestens zwei Ultraschallreflektoren (R1,R2) sowie die Eingabevorrichtung (11,13) zusätzlich einen Ultraschallsender (S3), eine Empfangseinheit (E1,E2,E3,En) zum Empfangen von Ultraschallsignalen (EP1,EP2) und Mitteln (S)

30

zur Synchronisation von Ultraschallsender (S3) und Empfangseinheit (E1,E2,E3,En) aufweist.

12.. Eingabevorrichtung (11,13) nach Anspruch 11,

5 durch gekennzeichnet, dass ein Ultraschallreflektor (R1,R2) derart ausgebildet ist, dass er einen Ultraschallpuls (SP) in Abhängigkeit von der Frequenz (f1,f2,...fn) des Ultraschallpulses (SP) verschieden stark und/oder mit charakteristischer Pulsform reflektiert.

10

13. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, durch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Einstellung der Abstandsgröße (63,63a) ein drehbares Rädchen (39,39a,47) und einen Sensor zum Erfassen 15 der Drehung umfassen.

15

14. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, durch gekennzeichnet, dass die Eingabevorrichtung (11,13) zusätzlich eine Taste (37,38,39,47,49) zur Auslösung eines Signals aufweist.

25

15. Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, durch gekennzeichnet, dass die Eingabevorrichtung (11,13) zusätzlich Mittel zur Ausgabe von einem Signal aufweist, das vorzugsweise Information über den Bezugspunkt (23,23b,61,61a), die Richtung und/oder die Abstandsgröße (63,63a) umfasst.

30

16. Verfahren zur Visualisierung von Datenpunkten eines dreidimensionalen Datensatzes mittels einer Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 auf einem Monitor (7,57) mit folgenden Verfahrensmerkmalen:

35

- Darstellen des Datensatzes auf dem Monitor (7,57).

- Auswählen eines Punkts (14,14a,14b) im Darstellungsbereich des Monitors (7,57), wobei mittels der Eingabevorrichtung

(11,13) ein Bezugspunkt (23,23b,61,61a) gewählt wird, der auf eine virtuelle Fläche (45,55) projiziert wird, deren geometrische Anordnung in Bezug zum Darstellungsbereich (8) des Monitors (7,57) bekannt ist, wobei mittels der Eingabevorrichtung (11,13) eine Richtung eingestellt wird, die ausgehend vom Bezugspunkt (23,23b,61,61a) auf der virtuellen Fläche (45,55) auf den auszuwählenden Punkt (14,14a,14b) im Darstellungsbereich (8) des Monitors (7,57) zeigt, und wobei mittels der Eingabevorrichtung (11,13) eine Abstandsgröße (63,63a)

5 eingestellt wird, die den Abstand des auszuwählenden Punkts (14,14a,14b) im Darstellungsbereich (8) vom Bezugspunkt (23,23b,61,61a) festlegt.

10

- Manipulieren einer Darstellungsweise eines Bereichs der Darstellung des Datensatzes, wobei der Bereich in einstellbarem geometrischen Bezug zum ausgewählten Punkt (14,14a,14b) steht.

17. Verfahren nach Anspruch 16,

20 dadurch gekennzeichnet, dass durch Drücken einer Taste (37,38,39,47,49) der Eingabevorrichtung (11,13) der Bezugspunkt (23,23b,61,61a), die Richtung und die Abstandsgröße (63,63a) festgelegt werden.

25 18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17,

dadurch gekennzeichnet, dass der Datensatz auf einem 2D-Monitor (57) dreidimensional perspektivisch oder auf einem 3D-Monitor (7) in drei Raumdimensionen dargestellt wird.

30 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,

dadurch gekennzeichnet, dass der Datensatz von einem bildgebenden medizinischen Untersuchungsgerät (3) erzeugt wird.

35

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19,

dadurch gekennzeichnet, dass die virtuelle Fläche (45) den Darstellungsbereich (8) zumindest teilweise kugelförmig umgibt.

5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, dass die virtuelle Fläche (45,55) mit einem Koordinatensystem unterteilt wird.

10 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Koordinatensystem die virtuelle Fläche (45) in Längen- und Breitengraden (51,53) unterteilt.

15 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Richtung mittels zweier Winkel (67) eingestellt wird, deren Basisschenkel in zwei senkrecht auf einer Tangentialebene (65,65a) stehenden Ebenen liegen, wobei die Tangentialebene  
20 (65,65a) am Bezugspunkt (23,23b,61,61a) die virtuelle Fläche (45,55) tangiert.

25 24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23,  
dadurch gekennzeichnet, dass mit einer von einem Sensor registrierten Drehung eines drehbaren Rädchen (39,47) die Abstandsgröße (63,63a) eingestellt wird.

30 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 24,  
dadurch gekennzeichnet, dass ein Pfeil (43,64,64a) im Darstellungsbereich (8) eingezeichnet wird, dessen Spitze (71) am ausgewählten Punkt (14,14a,14b) liegt.

35 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 25,  
dadurch gekennzeichnet, dass der zu manipulierende Bereich ein Volumen um den ausgewählten Punkt (14,14a,14b) umfasst.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 26,  
dadurch gekennzeichnet, dass der zu  
manipulierende Bereich ein Volumen entlang der Verbindungsli-

5 nie (42, 42a) zwischen dem Bezugspunkt (23, 23b, 61, 61a) und dem  
ausgewählten Punkt (14, 14a, 14b) umfasst.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 27,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Vo-  
lumen entlang der VerbindungsLinie (42, 42a) zwischen dem Be-  
10 zugspunkt (23, 23b, 61, 61a) und dem ausgewählten Punkt  
(14, 14a, 14b) konisch auf den ausgewählten Punkt zuläuft.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 28,  
dadurch gekennzeichnet, dass zumin-  
15 dest ein Teil der dreidimensionalen Daten als undurchsichti-  
ges Objekt (91) dargestellt wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest  
20 ein Teil der dreidimensionalen Daten in einer skelettartigen  
Gitterdarstellung dargestellt wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 30,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
ausgewählte Bereich transparent dargestellt wird.  
25

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 31,  
dadurch gekennzeichnet, dass bei der  
Manipulation des Bereichs den zugehörigen Datenpunkten Trans-  
30 parenzgrade (T) zugeordnet werden, welche durch die Lage ei-  
nes jeden Datenpunkts in einer Häufigkeitsverteilung (H) der  
dreidimensionalen Daten bestimmt werden, in der die Vertei-  
lung der Datenpunkte über eine charakteristische Größe (I)  
aufgetragen ist.

34

33. Verfahren nach Anspruch 32,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Häufigkeitsverteilung (H) eine Intensitätshäufigkeitsverteilung ist, in der die Verteilung der Datenpunkte über die Signalintensität (I) aufgetragen ist.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 33,  
dadurch gekennzeichnet, dass der auszuählende Bereich eine Fläche (19,83) umfasst und dass  
die Datenpunkte auf einer Seite der Fläche (19,83) transparent dargestellt werden.

35. Verfahren nach Anspruch 34,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche (19,83) eine Schnittfläche durch den Darstellungsbe-  
reich (8) des Monitors (7) ist.

36. Verfahren nach Anspruch 34 oder 35,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Da-  
tenpunkte der Fläche (19,83) auf einem 2D-Monitor (17,57)  
zweidimensional dargestellt werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 36,  
dadurch gekennzeichnet, dass jedem  
Datenpunkt ein charakteristischer Wert zugeordnet wird und  
der ausgewählte Bereich Datenpunkte umfasst, die einen  
ähnlichen charakteristischen Wert aufweisen.

38. Darstellungsvorrichtung (1) zur Darstellung einer Visualisierung (9,41,41a,91) von dreidimensionalen Datensätzen  
nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 37  
mit einer Eingabevorrichtung (11,13) nach einem der Ansprüche  
1 bis 15, mit einer Visualisierungseinheit, die mittels der  
mit der Eingabevorrichtung (11,13) eingegebenen Größen  
35 (61,61a,63,63a) eine Darstellungsweise der Visualisierung  
(9,41,41a,91) generiert, und mit einem Monitor (7,17), der  
die Visualisierung (9,41,41a,91) darstellt.

39. Darstellungsvorrichtung (1) nach Anspruch 38,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Monitor ein 3D-Monitor (7) ist.

5 40. Darstellungsvorrichtung (1) nach Anspruch 38 oder 39,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Visualisierungseinheit Mittel (21) aufweist, die den Bezugspunkt (23, 23b, 61, 61a), die Richtung und/oder den Abstand, wo-  
bei diese jeweils mit der Eingabevorrichtung (11, 13) bestimmt  
10 wurden, in Bezug zu einer virtuellen Fläche (45, 55) setzen,  
die ihrerseits mit dem vom Monitor (7, 17) darstellbaren Volumen (8) in bekanntem geometrischen Bezug steht.

15 41. Darstellungsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 38  
bis 40, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Visualisierungseinheit Mittel (21) aufweist, die dem eingegebenen Bezugspunkt (23, 23b, 61, 61a) einen Punkt auf der virtuellen Ebene zuordnen, von dem ausgehend die Mittel (21)  
entlang der eingegebenen Richtung im eingegebenen Abstand  
20 (63, 63a) einen Punkt (14, 14a, 14b) im dreidimensionalen Datensatz bestimmen.

25 42. Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen  
Untersuchungsgeräts (3) unter der Verwendung eines Verfahrens  
nach einem der Ansprüche 16 bis 37.

43. Verfahren zur graphischen Positionierung einer mittels  
eines bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts (3) zu  
messenden Schicht (83) in einem dreidimensionalen Datensatz  
30 einer Vorbereitungsmessung mit folgenden Verfahrensmerkmalen:

- Durchführen der Vorbereitungsmessung mit geringer Auflösung und Darstellen des Datensatzes.
- 35 - Mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 16 bis 37 Auswählen eines Punkts (14c) und der zu messenden Schicht

(83), die durch eine geometrische Relation bezüglich des ausgewählten Punkts (14c) definiert ist.

44. Verfahren nach Anspruch 43,

5 dadurch gekennzeichnet, dass die zu messende Schicht (83) in die Darstellung der Visualisierung (9,41,41a,91) als Umrisslinie (87) eingezeichnet wird.

45. Verfahren nach Anspruch 43 oder 44,

10 dadurch gekennzeichnet, dass das dazugehörige Schnittbild auf einem 2D-Monitor 17 zweidimensional dargestellt wird.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 43 bis 45,

15 dadurch gekennzeichnet, dass die zu messende Schicht (83) mit einem bildgebenden medizinischen Untersuchungsgeräts (3) gemessen und dargestellt wird.

Zusammenfassung

Eingabevorrichtung zur Orientierung in einer dreidimensiona-  
len Visualisierung, Verfahren zur Visualisierung von dreidi-  
5 mensionalen Datensätzen, Darstellungsvorrichtung zur Darstel-  
lung einer Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen,  
Verfahren zum Betrieb eines bildgebenden medizinischen Unter-  
suchungsgeräts und Verfahren zur graphischen Positionierung  
10 einer mittels eines bildgebenden medizinischen Untersuchungs-  
geräts zu messenden Schicht in einem dreidimensionalen Daten-  
satz einer Vorbereitungsmessung

Eine Darstellungsvorrichtung (1) zur Darstellung einer Visua-  
lisierung (9, 41, 41a, 91) von dreidimensionalen Datensätzen auf  
15 einem Monitor (7, 17) ermöglicht mittels mithilfe einer Einga-  
bevorrichtung (11, 13) eingegebenen Größen (61, 61a, 63, 63a) ei-  
ne Manipulation einer dreidimensionale Darstellung, wobei die  
Manipulation auf einen Bereich der Visualisierung  
(9, 41, 41a, 91) beschränkt ist.

20

FIG 1

FIG 1

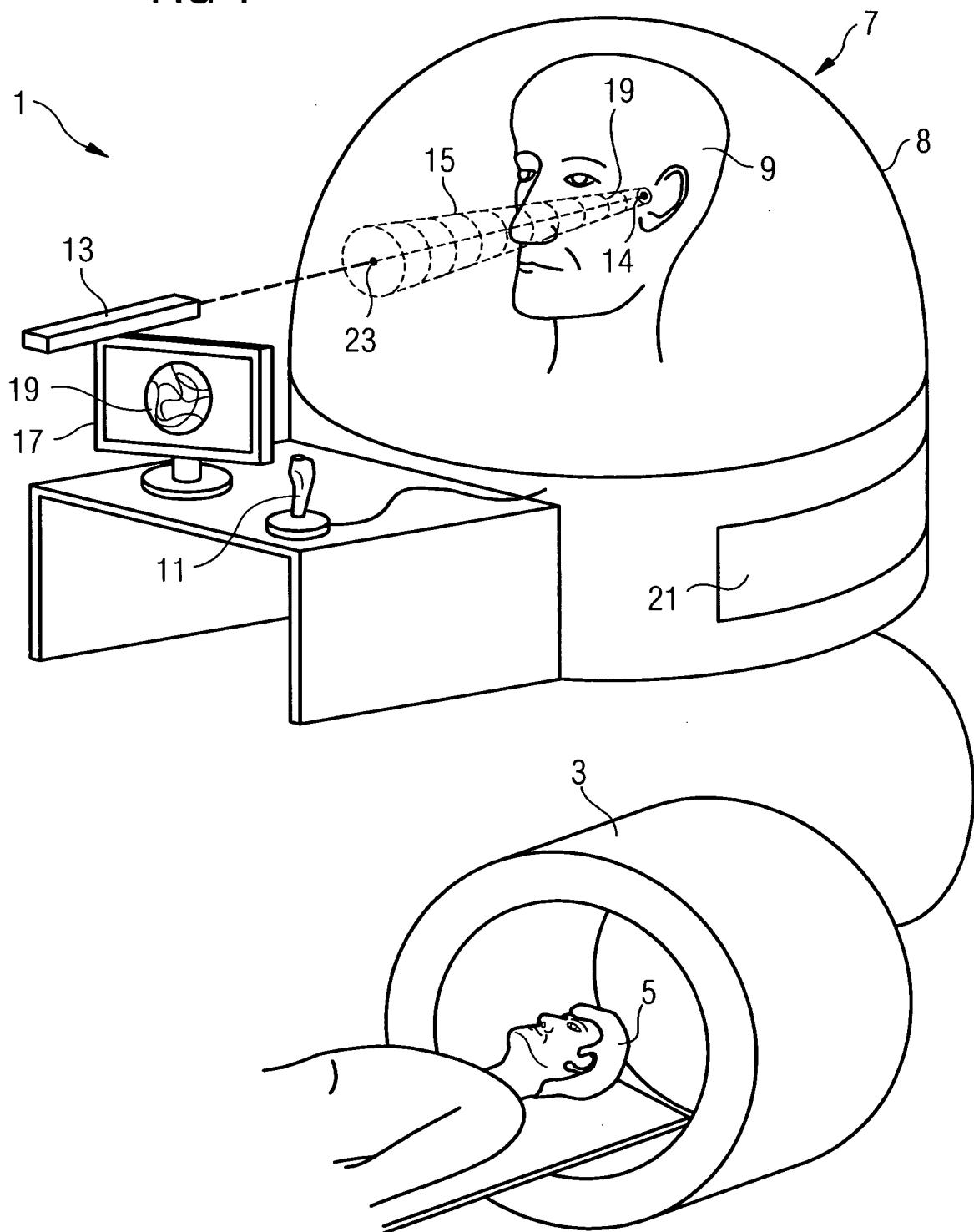


FIG 2

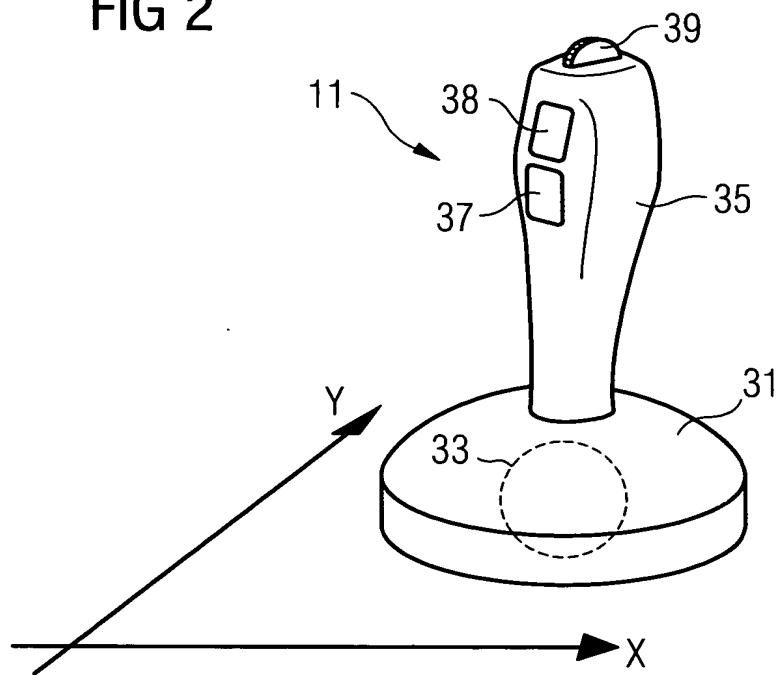
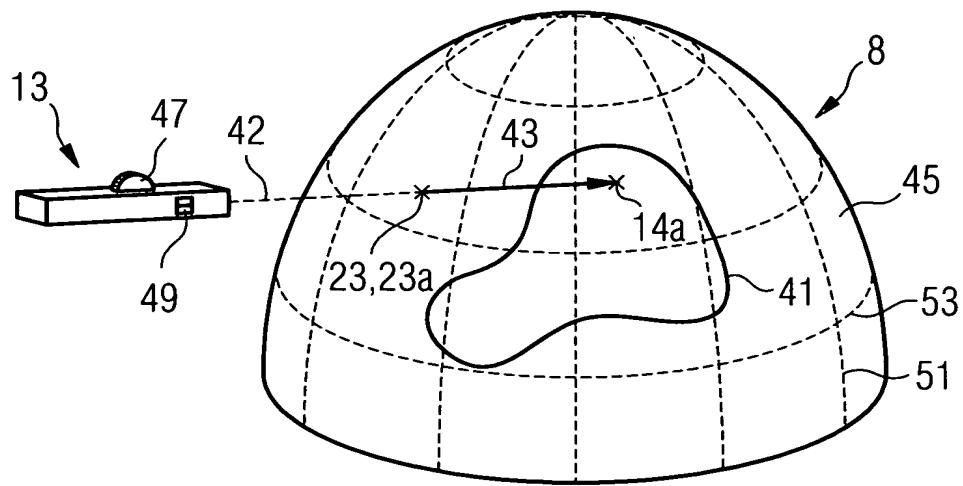


FIG 3



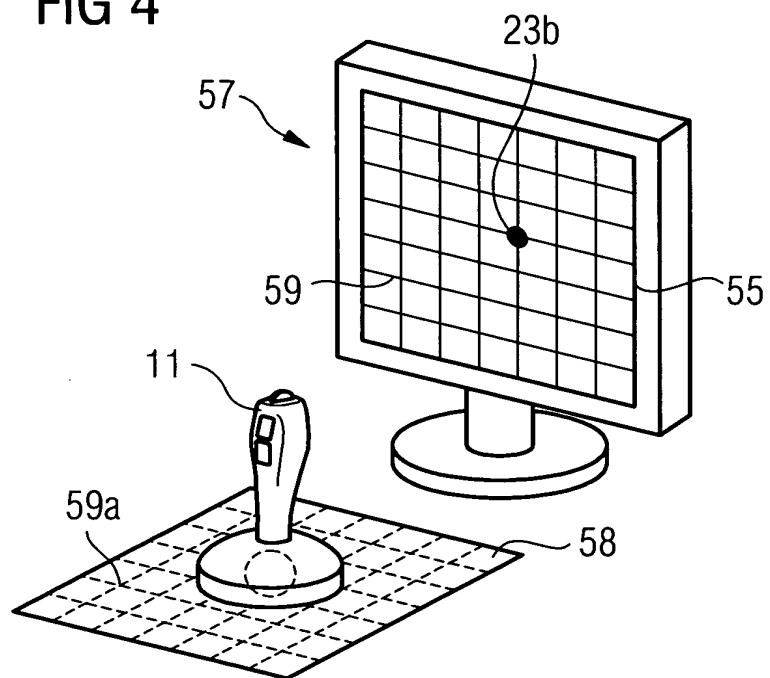
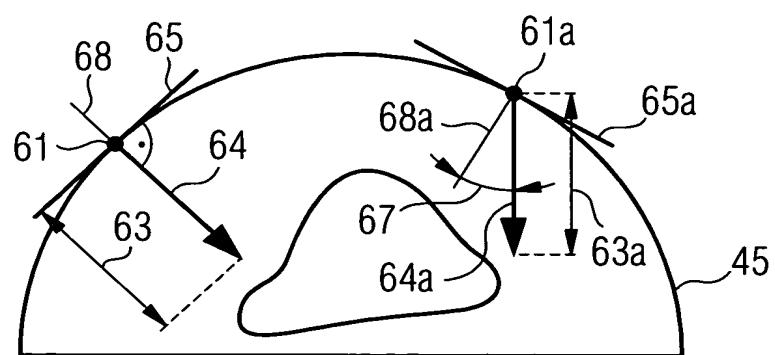
**FIG 4****FIG 5**

FIG 6

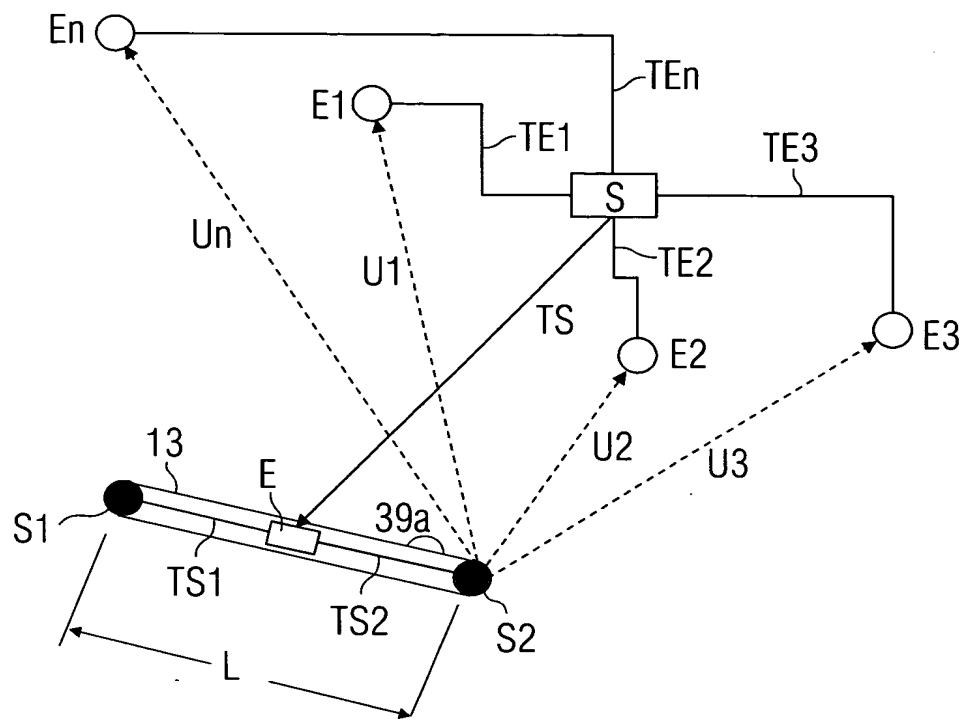
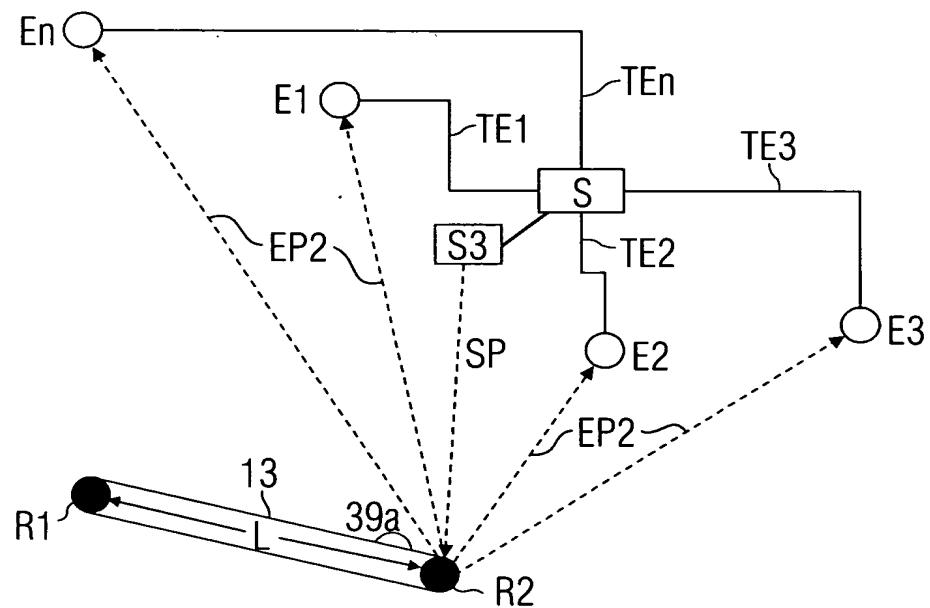
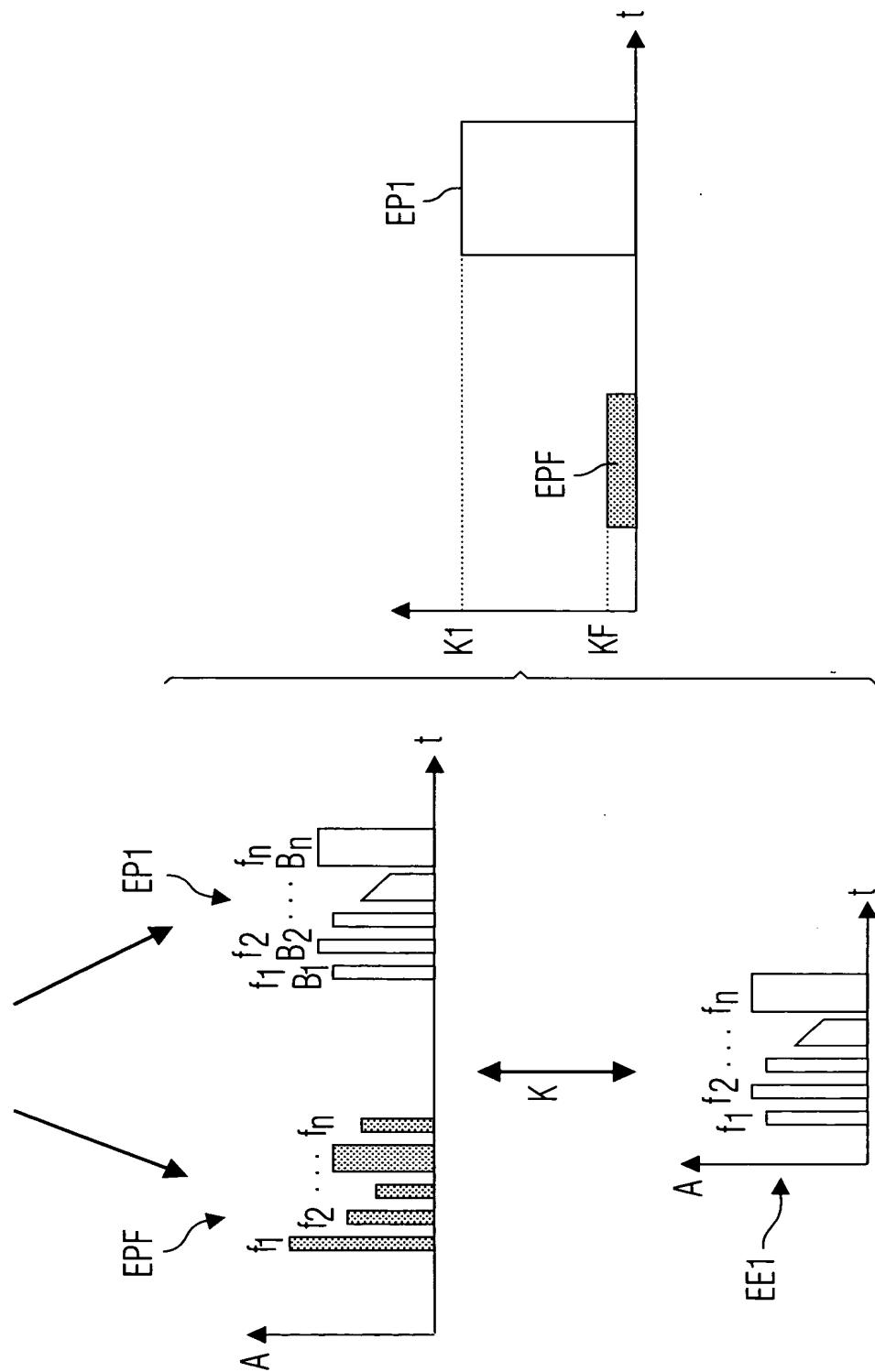


FIG 7



**FIG 8**

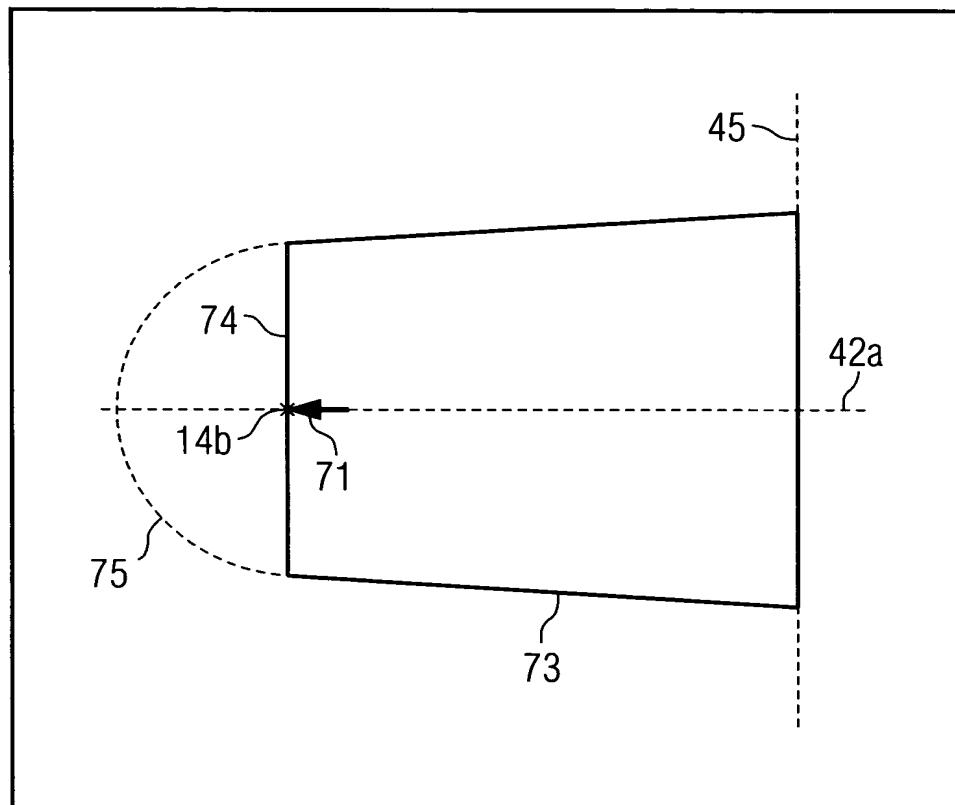
The diagram illustrates a sequence of signal processing stages. It starts with a signal labeled **SP**, which is a periodic square wave with frequency components  $f_1, f_2, \dots, f_n$ . An arrow points from **SP** to a stage labeled **EP1**, which is a rectangular pulse train. Another arrow points from **EP1** to a stage labeled **EPF**, which is a rectangular pulse train with shaded segments. A double-headed arrow between **EP1** and **EPF** is labeled **K1**. From **EPF**, an arrow points to a stage labeled **KF**, which is a rectangular pulse train with a shaded segment. A double-headed arrow between **EPF** and **KF** is labeled **KF**. Finally, an arrow points from **KF** to a stage labeled **EE1**, which is a rectangular pulse train.



200217105

6/9

FIG 9



200217105

7/9

BEST AVAILABLE COPY

FIG 10

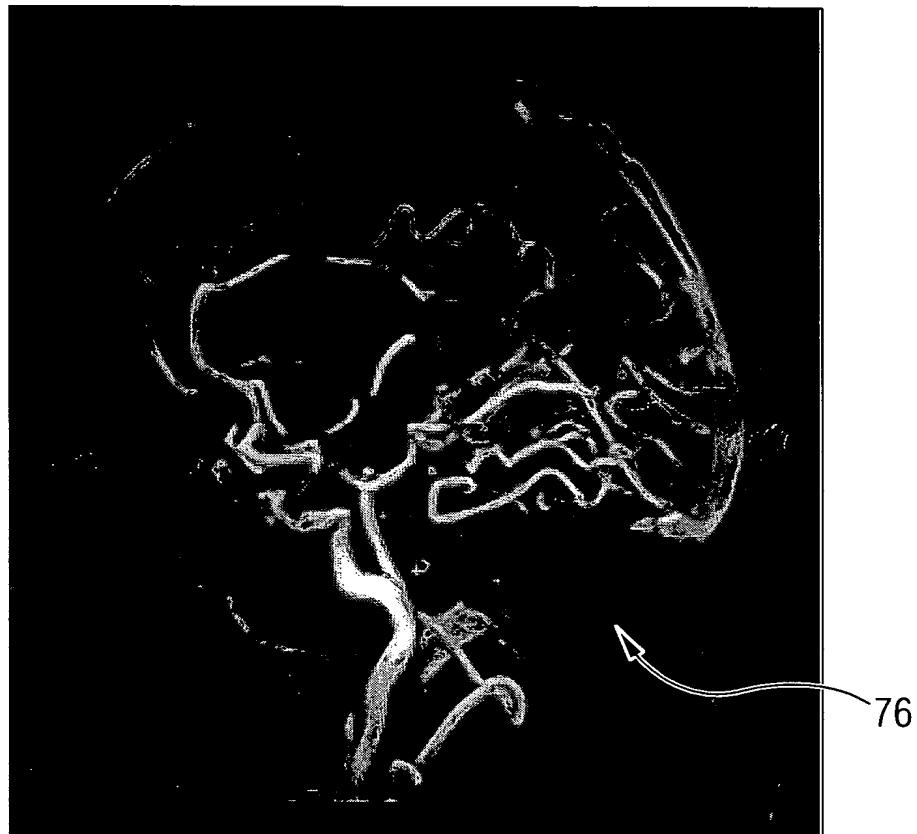
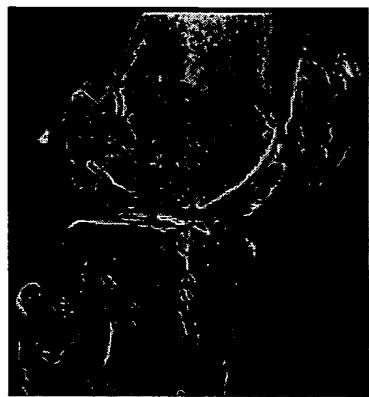


FIG 11



200217105

8/9

FIG 12

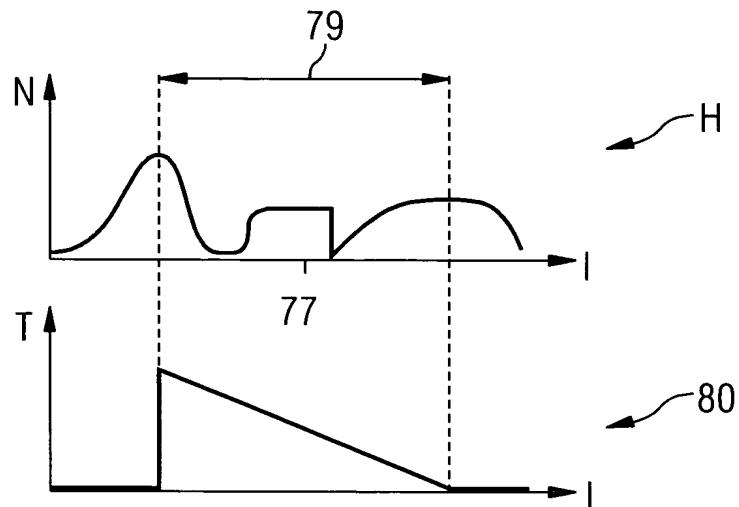
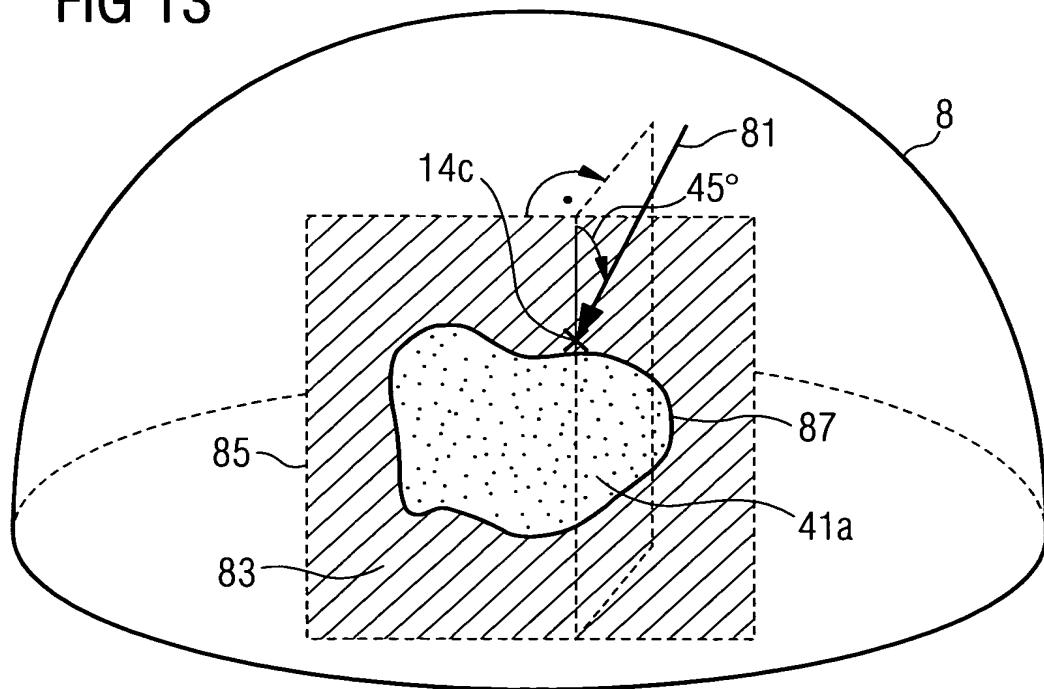


FIG 13



200217105

9/9

BEST AVAILABLE COPY

FIG 14

